

Radar signal processing method, especially for pulse Doppler vehicle distance radar

Patent number: DE19637010
Publication date: 1997-05-07
Inventor: ELTERICH ANDREAS DIPL ING (DE); KLEINHEMPEL WERNER DR (DE)
Applicant: DAIMLER BENZ AEROSPACE AG (DE)
Classification:
- international: **G01S7/292; G01S13/93; G01S7/292; G01S13/00;**
(IPC1-7): G01S7/292
- european: G01S7/292C
Application number: DE19961037010 19960912
Priority number(s): DE19961037010 19960912; DE19951040720 19951102

Report a data error here

Abstract of DE19637010

The measuring process is divided into several successive intervals and each interval into cells and the individual cells defined by the parameters characterising the radar signals to be detected. The method employed is the cell averaging process and average values for interference power are derived from the measurements on individual cells. To prepare for constant false alarms, the process is enhanced by means of ordered statistics, the OS-CFAR method. The interference has to be adapted to the target and an estimate of the interference is selected as a basis for the calculations.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEUTSCHES
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: 196 37 010.8
②② Anmeldetag: 12. 9. 96
④③ Offenlegungstag: 7. 5. 97

DE 196 37 010 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①
02.11.95 DE 195407202

⑦① Anmelder:
Daimler-Benz Aerospace Aktiengesellschaft, 81663
München, DE

⑦② Erfinder:
Elterich, Andreas, Dipl.-Ing., 89081 Ulm, DE;
Kleinhempel, Werner, Dr., 89231 Neu-Ulm, DE

⑤④ Verfahren zur Radarsignalverarbeitung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Radarsignalverarbeitung, bei dem der Meßvorgang in mehrere zeitlich aufeinander folgende Meßintervalle und innerhalb der einzelnen Meßintervalle in Zellen unterteilt ist, wobei die einzelnen Zellen durch die dort zu detektierenden Radarsignale charakterisierende Parameter definiert werden, und bei dem aus den detektierten Meßwerten in den einzelnen Zellen Werte für eine mittlere Störleistung abgeleitet werden, die für die jeweilige Zelle unter Test in den einzelnen Meßintervallen lokal und adaptiv geschätzt werden. Um mit weniger Aufwand dennoch im Vergleich zu OS-CFAR-Verfahren in etwa gleich gute Ergebnisse bei der Bestimmung der mittleren Störleistung erzielen zu können, wird nach der Erfindung vorgeschlagen, daß für die einzelnen Zellen unter Test im Meßintervall $(i+1)$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) jeweils: a) während der Meßphase der dieser Zelle zugeordnete mittlere Störleistungswert des vorhergehenden Meßintervalls i als Schätzwert für die mittlere Störleistung im Meßintervall $(i+1)$ vorgegeben wird, b) nach der Meßphase der Mittelwert der aktuellen Meßwerte des Meßintervalls $(i+1)$ in den benachbarten Zellen in der näheren Umgebung von der Zelle unter Test unter Ausschluß der detektierten Zellen bestimmt und abgespeichert wird, c) als mittlerer Störleistungswert für das Meßintervall $(i+1)$ der Mittelwert der aktuellen Meßwerte des Meßintervalls $(i+1)$ oder ein über die Mittelwerte von $(n+2)$ Meßintervallen $(i+1), i, (i-1), (i-2), \dots$

BEST AVAILABLE COPY

DE 196 37 010 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Radarsignalverarbeitung gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In der Radarsignalverarbeitung wird üblicherweise der Meßvorgang in mehrere zeitlich aufeinander folgende Meßintervalle und innerhalb der einzelnen Meßintervalle in Zellen unterteilt. Die einzelnen Zellen sind dabei durch Parameter definiert, die die dort zu detektierenden Radarsignale charakterisieren. Beim kohärenten Puls-Dopplerradar beispielsweise werden Entfernungs- bzw. Abstandszellen (auch Entfernungszellen oder Abstandstore genannt) sowie Dopplerzellen definiert. Die Entfernungszellen enthalten dabei Informationen über die Entfernung des Objekts, an dem die ausgesendeten Radarpulse reflektiert worden sind, während die Dopplerzellen Informationen über die Relativgeschwindigkeit (Differenzgeschwindigkeit) dieses Objekts zum Radargerät enthalten. Die Meßwerte in den einzelnen Zellen enthalten jedoch nicht nur Informationen über das reflektierte Radarsignal (Nutzsignal), sondern sind auch mit Störsignalen, wie z. B. Rausch- oder Offsetsignalen, behaftet. Um vor allem schwache Radarsignale, die sich wegen ihres geringen Signal/Rauschverhältnisses kaum vom Rauschen selbst abheben, detektieren bzw. sinnvoll verarbeiten zu können, wird üblicherweise die mittlere von den Störsignalen allein herrührende Leistung, die sogenannte mittlere Störleistung bestimmt und bei der weiteren Signalverarbeitung der Radarsignale berücksichtigt.

Allgemein werden in der Radarsignalverarbeitung Verfahren benutzt, mit denen die mittlere Störleistung lokal und adaptiv geschätzt wird, und die dadurch außerdem für eine konstante und im allgemeinen sehr geringe Falschalarmrate sorgen (Constant-False-Alarm-Rate: CFAR).

Das Cell-Averaging(CA)-CFAR-Verfahren beispielsweise ist ein Verfahren mit den zuvor genannten Eigenschaften (vgl. hierzu z. B.: H. Rohling "Analyse neuer Methoden zur störadaptiven Zielerkennung in einem Radarsignalprozessor mit konstanter Falschalarmwahrscheinlichkeit (CFAR)", ntz Archiv, Bd. 5 (1983) H. 4, S. 101—111). Falls aber z. B. bei einem Puls-Dopplerradar die Echos von zwei in Entfernungsrichtung oder Dopplerrichtung benachbarten Zielen vorliegen, kann es bei Anwendung dieses Schätzverfahrens passieren, daß beide Zielmeldungen aufgrund der aus der Umgebung der diese Zielinformationen enthaltenden Zellen abgeleiteten Information ausgeblendet werden. Dieser störende Effekt wird bei dem Ordered-Statistics-(OS)-CFAR-Verfahren vermieden, das ebenfalls in dem zuvor genannten Artikel von H. Rohling abgehandelt wird. Bei diesem Verfahren werden die in der Umgebung zur Zelle unter Test vorliegenden Meßwerte zunächst der Größe nach sortiert und dann ein einziger Wert aus dieser Folge als Schätzwert für die mittlere Störleistung herausgegriffen. Dieses Sortieren erfordert jedoch einen enormen Rechenaufwand.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Radarsignalverarbeitung anzugeben, mit dem mit weniger Aufwand, aber mit möglichst der gleichen Zuverlässigkeit und Genauigkeit wie beim OS-CFAR-Verfahren die mittlere Störleistung für die einzelnen Zellen unter Test bestimmt werden kann.

Die erfindungsgemäße Lösung ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. Die übrigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung.

Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mit einem gegenüber dem reinen OS-CFAR-Verfahren erheblich geringeren Aufwand die mittlere Störleistung für die einzelnen Zellen unter Test mit einer Zuverlässigkeit und Genauigkeit bestimmt werden kann, die in ihrem Grad vergleichbar ist mit dem OS-CFAR-Verfahren.

Ein zweiter Vorteil ist darin zu sehen, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die beim CA-CFAR-Verfahren häufig zu beobachtenden Probleme mit der Überdeckung von benachbarten Zielen keine Rolle spielen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert.

Das Verfahren geht von der Annahme aus, daß sich die Störleistung von Meßintervall zu Meßintervall nicht merklich ändert, daß also bei der Messung bzw. Detektion der Radarsignale lediglich das normale Rauschen und ggf. ein Offset zu beachten ist. Unter dieser Voraussetzung kann dann während der Meßphase im Meßintervall $(i+1)$ ($i=1, 2, 3 \dots$) für die jeweilige Zelle unter Test der dieser Zelle zugeordnete mittlere Störleistungswert des vorhergehenden Meßintervalls i als Schätzwert für die mittlere Störleistung im Meßintervall $(i+1)$ gewählt werden.

Nach der Meßphase im Meßintervall $(i+1)$ wird dann der Mittelwert der in dieser Meßphase gewonnenen aktuellen Meßwerte in den benachbarten Zellen in der näheren Umgebung von der jeweiligen Zelle unter Test unter Ausschluß der detektierten Zellen bestimmt und abgespeichert.

Als mittlerer Störleistungswert für das Meßintervall $(i+1)$ wird dann für diese Zelle unter Test dieser Mittelwert der aktuellen Meßwerte festgelegt.

Alternativ hierzu kann als mittlerer Störleistungswert aber auch ein über die Mittelwerte der $(n+2)$ Meßintervalle $(i+1)$, i , $(i-1)$, $(i-2)$, \dots , $(i-n)$, ($n=0, 1, 2, \dots, i-1$) gemittelter Gesamtmittelwert festgelegt werden.

Bei Beginn des Meßvorgangs werden Startwerte für die der einzelnen Zellen zugeordneten mittleren Störleistung bestimmt. Die Bestimmung der mittleren Störleistung kann in diesem Stadium vorteilhaft mittels eines OS-CFAR-Verfahrens vorgenommen werden.

Das Verfahren kann z. B. für die Radarsignalverarbeitung in einem Kfz-Abstandsradar eingesetzt werden. Bei einem solchen kohärenten Puls-Dopplerradar erfolgt die Detektion z. B. über 32 Entfernungstore mit z. B. je 256 Dopplerzellen. Die Detektion der Radarsignale erfolgt zweckmäßigerweise getrennt für den offsetbehafteten und den offsetfreien Bereich. Im offsetbehafteten Bereich kann die Detektion — wie allgemein gebräuchlich — durch Ermittlung der Störleistung in Entfernungsrichtung durchgeführt werden. Im offsetfreien Bereich (Detektion vor allem gegenüber dem Rauschen der analogen Bauteile) kann die Bestimmung der Störleistung dagegen, wegen der sich nun merklich auswirkenden STC (Sensitive-Time-Control), nur in Dopplerrichtung erfolgen. Unter STC versteht man den Ausgleich der Dämpfung von weiter entfernten Zielen entsprechend der an sich bekannten R^4 -Beziehung. Bei Meßintervallen von z. B. 50 msec werden bei Messungen im ersten Intervall nur die Startwerte für die Störleistungen bestimmt (z. B. über OS-CFAR). In den folgenden Intervallen können dann Schwellwertvergleiche mit den Störleistungen aus dem vorherigen Intervall durchgeführt werden und die Störleistungen durch gewichtete Summation der alten Störleistungen mit dem

aktuellen Mittelwert (ohne die detektierten Zellen und ihre Umgebung) aktualisiert werden. Wegen der einfachen und wenig aufwendigen Störleistungsbestimmung ist es im obigen Beispiel möglich, neben der Detektion noch die Gruppenbildung und die Parameterextraktion in einem digitalen Signalprozessor durchzuführen.

Das Verfahren liefert ähnlich gute Detektionsergebnisse wie ein reines OS-CFAR-Verfahren, aber es benötigt eine weit geringere Rechenleistung.

Es versteht sich, daß die Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern vielmehr sinngemäß auf weitere übertragbar ist.

So ist es z. B. denkbar, als mittlere Störleistung ein über die Mittelwerte von $(n+2)$ zeitlich aufeinander folgende Meßintervalle zu wählen, bei dem n in Abhängigkeit von den Schwankungen in der festgestellten mittleren Störleistung der einzelnen Meßintervalle variiert werden kann. Ändert sich der Wert für mittlere Störleistung nicht oder nur wenig, kann n , d. h. die Zahl der bei der Bildung des Gesamtmittelwerts zu berücksichtigenden Meßintervalle ausreichend groß (z. B. $n=10$ oder $n=100$) gewählt werden. Sind dagegen merkliche Schwankungen in der mittleren Störleistung zu beobachten (z. B. infolge von Temperatureffekten in den Bauteilen des Radars), kann $n=0$ gesetzt werden mit der Folge, daß der Gesamtmittelwert nur aus den Mittelwerten der Meßintervalle $(i+1)$ und i gebildet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Radarsignalverarbeitung, bei dem der Meßvorgang in mehrere zeitlich aufeinander folgende Meßintervalle und innerhalb der einzelnen Meßintervalle in Zellen unterteilt ist, wobei die einzelnen Zellen durch die dort zu detektierenden Radarsignale charakterisierende Parameter definiert werden, und bei dem aus den detektierten Meßwerten in den einzelnen Zellen Werte für eine mittlere Störleistung abgeleitet werden, welche Störleistungswerte für die jeweilige Zelle unter Test in den einzelnen Meßintervallen lokal und adaptiv geschätzt werden, dadurch gekennzeichnet, daß für die einzelnen Zellen unter Test im Meßintervall $(i+1)$ ($i=1, 2, 3, \dots$) jeweils:

a) während der Meßphase der dieser Zelle zugeordnete mittlere Störleistungswert des vorhergehenden Meßintervalls i als Schätzwert für die mittlere Störleistung im Meßintervall $(i+1)$ vorgegeben wird,

b) nach der Meßphase der Mittelwert der aktuellen Meßwerte des Meßintervalls $(i+1)$ in den benachbarten Zellen in der näheren Umgebung von der Zelle unter Test unter Ausschluß der detektierten Zellen bestimmt und abgespeichert wird,

c) als mittlerer Störleistungswert für das Meßintervall $(i+1)$ der Mittelwert der aktuellen Meßwerte des Meßintervalls $(i+1)$ oder ein über die Mittelwerte von $(n+2)$ Meßintervallen $(i+1), i, (i-1), (i-2), \dots, (i-n)$ gemittelter Gesamtmittelwert festgelegt wird mit $n=0, 1, 2, \dots, i-1$.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Beginn des Meßvorgangs Startwerte für die den einzelnen Zellen zugeordneten mittleren Störleistung mittels eines Ordered-Statistics-Verfahrens bestimmt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung des jeweiligen Gesamtmittelwerts eine gewichtete Summation der Mittelwerte der einzelnen Meßintervalle $(i+1), i, (i-1), (i-2), \dots, (i-n)$ durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche in der Anwendung eines kohärenten Puls-Dopplerradars, bei dem Entfernungszellen und Doppelzellen definiert sind und die zu verarbeitenden Signale einen offsetbehafteten Bereich und einen offsetfreien Bereich aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Störleistung im offsetbehafteten Bereich in Entfernungsrichtung und im offsetfreien Bereich in Dopplerrichtung ermittelt wird.

BEST AVAILABLE COPY

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)